

锚网喷及注浆加固在铁路隧道衬砌病害加固中的应用

万军利

中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所 北京 100081

摘要: 本文以西南某铁路线尾祖一号隧道衬砌裂损病害治理为依托, 通过对衬砌裂缝产生的原因分析, 以现场病害调查结合工程地质钻探等手段对衬砌裂缝病害进行分析和评估, 并提出了锚网喷结合注浆加固对衬砌裂损病害加固, 取得了良好的效果, 为以后类似铁路隧道病害整治提供了参考。

关键词: 铁路隧道衬砌病害; 注浆加固; 锚网喷

Application of shotcrete and grouting reinforcement in the reinforcement of railway tunnel lining

Junli Wan

China Academy of Railway Sciences Group Co., LTD. Railway Construction Research Institute Beijing 100081

Abstract: In this paper to the southwest of a railway line tail ancestor 1 tunnel lining fracture disease treatment as the backing, through the analysis of the causes of the lining cracks, to field disease survey combined with engineering geological drilling means of lining crack disease analysis and evaluation, and put forward the anchor net spray combined with grouting reinforcement of lining fracture disease reinforcement, has achieved good effect, for similar railway tunnel disease regulation provides a reference.

Keywords: railway tunnel lining disease; grouting reinforcement and anchor net injection

1 工程概况

西南某铁路线尾祖一号隧道位于八渡镇, 为单线铁路, 全长348m, 线路以直线通过。该隧道于1994年5月开工建设, 1996年10月竣工, 隧道范围地质条件复杂, 进、出口端下部为残坡积层, 上部有强风化基岩裸露, 下伏为三叠系强~中风化泥岩夹砂岩、灰岩, 较破碎。

2017年9月2日、3日该区间连续发生强降雨(降雨量191.7mm), 雨后检查发现尾祖一号隧道进口段0~40m范围内衬砌既有裂缝有新进展, 局部位置出现4~7mm宽新裂缝, 部分裂缝相互贯通, 裂缝部位渗漏水明显; 其中进口段25~35m范围内右起拱线水平裂缝出现掉块、错缝等病害, 线路上方乡村公路内侧发生局部溜坍, 溜坍体积约1500m³, 隧道病害已危及行车安全, 治理加固刻不容缓。

2 滑坡现状

2.1 滑坡前缘出口

从地貌形态上看, 该滑坡前缘出口位于线路以上平台上, 目前前缘出口在公路右侧, 已发生局部浅层滑动, 滑体长约20m, 宽25m, 厚2.5m, 对应隧道里程+50~+70(以隧道口为0)。

2.2 滑坡侧界及后缘

从地貌形态上看, 该滑坡左侧界位于目前局部滑动左侧界处, 上部以斜坡自然冲沟为界。右侧界以隧道上方农村公路小里程段右侧上方揭露基岩为界。后缘位于斜坡上部陡缓交界位置。

2.3 滑坡规模

根据现场调查及钻探揭露, 该滑坡组成边坡岩土体为粘土夹碎石土, 厚约2.5~6m, 其底部强风化砂岩, 厚约4.5~15.6m, 在强降雨作用下发生土体内沿强风化砂岩顶面滑动破坏(浅层滑动); 或, 在地质条件不断恶化下, 有可能沿强风化砂岩底面、中风化灰岩顶面滑动(深层

滑动)。滑动面依附基岩产状为 $172^{\circ} \angle 33^{\circ}$ ，滑坡长约100m，宽约70m，属于中型滑坡，见图1滑坡平面范围。

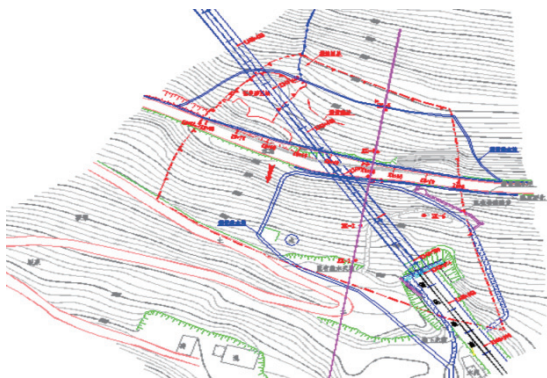


图1 滑坡平面范围

2.4 隧道变形情况

隧道内变形范围：K348+374~+412，自隧道口向大里程方向延伸约40m。目前采用钢拱架临时支护。

9月2日、3日期间八渡站至文佃站间连续发生强降雨（雨量191.7mm），百色工务段雨后检查发现隧道内既有裂缝有发展，并出现宽4~7m长新裂缝，而且裂缝渗水明显，部分裂缝间相互贯通。其中+25~+35（以隧道口为0）右起拱线水平裂缝出现剥落、掉块；且部分裂缝错位，最大达10mm，见图2拱部环向剥落、掉块，边墙错位、渗水，其中+21~+38尤为严重。

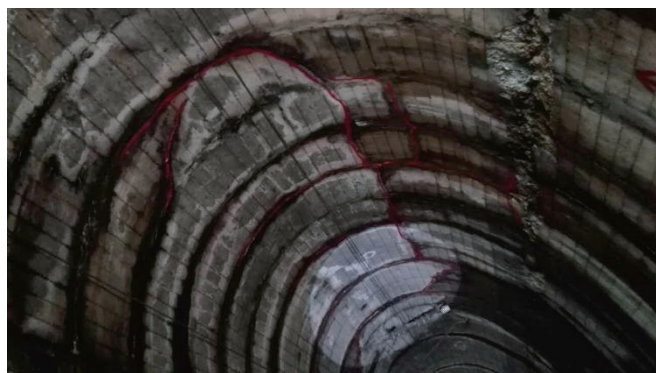


图2 拱部环向剥落、掉块，边墙错位、渗水

3 病害诱因分析

通过以往治理工程不难发现，虽然隧道在结构和材料方面存在有差异，但衬砌的主要病害形式与特征据有相似性。查阅资料得出，既有铁路衬砌裂损病害类型大致可分为如下几类：① 衬砌表层混凝土剥落；② 衬砌裂损；③ 衬砌裂缝渗漏水；④ 衬砌背后空洞；⑤ 排水孔、伸缩缝翻浆；⑥ 衬砌表层混凝土粉化等。本文讨论的尾祖一号隧道衬砌病害就以前三条为主。

根据现场地质调查发现，尾祖一号隧道自山体中部斜插

穿过山脊，存在偏压情况，由于时代的局限性，当时的设计资料并未考虑解决偏压问题，这是隧道衬砌病害诱发因素之一。近期该区间内强降雨，雨水随坡体上部缓坡平台下渗，软化基覆界面处覆盖层，加之坡体中部公路开挖，导致坡体发生局部浅层滑动，后缘即为坡体上部陡缓交界的位置，前缘出口则是公路右侧坡体开挖处。目前，整体坡体已处于不稳定阶段，上部土压力传递到下部隧道衬砌上，这也是隧道衬砌病害诱发的主因，见图3尾祖一号隧道进口全貌。



图3 尾祖一号隧道进口全貌

现场工程地质钻探揭示地层表层覆盖层为第四系坡积物（ Q_4^{dl+el} ），主要粘土夹砂泥岩碎块，砖红色、浅黄色，稍湿，硬塑，夹较多砂岩碎块（见图2~图3），角砾状，块径2~10cm，局部地段见大块石，成分主要为砂岩，块径3.0m，分布于斜坡表层，层厚2.5~6.1m。下伏基岩为三叠系中统边阳组砂岩、灰岩（ T_2b ），强~中风化砂岩，灰色，细粒砂状结构，块状构造，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状~短柱状，柱状长度10cm左右，锤击声脆，质硬。

工程地质钻探揭示结果显示，尾祖一号隧道衬砌周围围岩节理裂隙发育，岩体极破碎，衬砌已无力承受上部土体压力及偏压，因此产生裂缝、掉块、错缝等病害。

4 加固方案设计

4.1 隧道上部松散土体加固

隧道洞顶以上位置设12排 $\Phi 50$ 竖向钢花管，钢花管长度2~25m，钢花管排距2m（按水平），列距1.5m，钢花管均布在锚索两侧，其中拱顶以上8m范围内钢花管采用劈裂注浆。

4.2 隧道内二衬加固

隧道内拱面设锚网喷支护，采用 $\Phi 25$ 中空锚杆，锚杆长3m，同一断面锚杆的环向间距除起拱线上下锁脚锚杆按

1.0m布设,拱顶两侧各1.0m范围衬砌不布设锚杆外,其余按环向间距1.2m布设,同时相邻断面间的锚杆按梅花形布置,内拱面喷射10cm厚C25混凝土。

5 施工要点

网锚喷施工步骤:

①架设钢拱架;

②施做锚杆;

③初次压浆,控制注浆压力在0.5MPa以内,压浆顺序从下往上施工,待下层浆液凝固达到一定强度之后再进行上部压浆,压浆时应设观测点观测衬砌变化情况,如有异常,及时停止并采取必要的临时应急措施;

④凿毛砟,挂钢筋网,与锚杆相连,垫钢片;

⑤喷锚至设计厚度;

⑥喷砟达到设计强度后进行二次压浆,控制注浆压力0.5~1.0MPa;

⑦拆除临时钢拱架。

施工前应详细核实线路中线、纵坡、复测隧道净空断面,落实洞内各种管线的位置,采取必要的防护措施,施工中确保安全。施工期间,列车按规定上报限速通过,一切施工机具、材料及废渣等不得侵入“隧限-2A”内。锚杆表面喷涂烷氧基类或氨基类喷涂型阻锈剂,喷涂型阻锈剂的质量及性能指标应符合《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)表4.7.2及表4.7.3的要求。

6 加固原理

首先通过对隧道仰坡坡面注浆,加固洞顶上方破碎岩层,使其固结成一个整体,用以来支撑上部不稳定土体传

递下来的压力;其通过隧道内衬砌表层中空锚杆注浆,强化衬砌背后围岩的加固效果,填补衬砌与围岩间空隙,增强衬砌与围岩的凝固力;最后通过锚杆的锚固力与衬砌表层钢筋网喷锚加固,将错位、裂缝后不稳定的衬砌锚固到背后稳定的围岩上,形成刚度更大的组合拱结构,进一步的提高原衬砌的抗压与抗剪能力。

7 总结

通过注浆施工,以稳固围岩、加固并提高原裂损衬砌承载能力为原则,利用原裂损衬砌仍具有的一定的承载能力;结合锚杆与锚网喷的加固效果,达到隧道衬砌病害整理效果。

此类整治方案与传统的套拱成段拆除、更换衬砌等方案相比,具有施工工艺方便、施工工期短等优势,同时可避免施工过程中对围岩的二次扰动。新型加固方案具有施工进度更快、工程费用更低、行车干扰更少、安全可靠性等高等优点,是一种多快好省的加固技术。

参考文献:

- [1]李明,王红.土质边坡稳定性评价与防护技术研究[J].工程地质学报,2019,27(1):101-109.
- [2]张勇,刘建民.土质边坡稳定性评价的物理化学方法[J].岩土工程学报,2018,40(3):564-572.
- [3]王强,张亮.土质边坡防护技术的研究与应用[J].交通运输工程与信息学报,2017,15(3):112-120.
- [4]刘鹏,张宇.岩质边坡稳定性评价与防护技术的综述与展望[J].地质科技情报,2021,40(2):99-106.